

*Дудченко О. В., магістр, Черниш О. В., к.т.н., Бутенко О. О., доктор філософії
Київський національний університет технологій та дизайну*

БЛИСКУЧЕ НІКЕЛЕВЕ ПОКРИТТЯ

***Анотація.** Нікелеві покриття належать до захисно-декоративних. Товщина нікелевих покриттів може бути 0,5...300 мкм і вибирається в залежності від умов експлуатації покриттів. Нікель має сріблясто-білий колір, на повітрі швидко покривається непомітною для людського ока плівкою оксидів, які практично не змінюють його зовнішнього вигляду, але при цьому надійно захищають від подальшого окислення і реакцій з агресивним середовищем. Властивість нікелю створювати на своїй поверхні тонку оксидну плівку, стійку до дії кислот і лугів, дозволяє використовувати його для антикорозійного захисту сталей, бронзи, латуні, алюмінію, міді та інших матеріалів. Внаслідок нікелювання значно підвищуються фізико-механічні та декоративні властивості металевих виробів.*

***Ключові слова:** нікель; блиск; зносостійкий; покриття; захист.*

*Dudchenko O. V., Chernysh O. V., Butenko O. O.
Kyiv National University Technologies and Design*

BRIGHT NICKEL FINISH

***Abstract.** Nickel coatings are protective and decorative. The thickness of nickel coatings can be 0.5...300 microns and is chosen depending on the conditions of operation of the coatings. Nickel has a silver-white color, in the air it is quickly covered with a film of oxides invisible to the human eye, which practically do not change its appearance, but at the same time reliably protect against further oxidation and reactions with an aggressive environment. The property of nickel to create a thin oxide film on its surface, resistant to the action of acids and alkalis, allows it to be used for anti-corrosion protection of steel, bronze, brass, aluminum, copper and other materials. As a result of nickel plating, the physical, mechanical and decorative properties of metal products are significantly increased.*

***Keywords:** nickel; gloss; wear-resistant; coating; protection.*

Вступ. Електролітичне нікелювання – найбільш поширений технологічний процес гальванотехніки. Приблизно половину всіх покриттів, одержаних електрохімічним методом, складає нікелювання.

Одним із методів захисту від корозії являється нанесення металічних покриттів шляхом електролізу. В даному випадку вибрано нікелеве блискуче покриття, яке застосовується не тільки як захист від корозії, але й являється декоративним покриттям. Нікель можна наносити на Fe, Cu, Ti, Al та їх сплави, а також на неметалічні матеріали – кераміку, пластмасу, скло та інше [1–4].

Широке застосування нікелювання в багатьох галузях народного господарства обумовлене схильністю нікелю до пасивації, що забезпечує стійкість покриття та збереження його зовнішнього вигляду в атмосферних умовах, в багатьох органічних сполуках, розчинах лугів та малу розчинність у мінеральних кислотах.

Постановка завдання. В цій статті детально розглядається, як отримати блискуче нікелеве покриття в якості декоративно-захисного, а також як такого, що здійснює надійний захист металевих деталей від корозії. Показано підбір електролітів та технологічних процесів для одержання якісного блискучого нікелевого покриття.

Результати досліджень. Нікель – сріблясто-білий метал, ковкий і пластичний, добре полірується до дзеркального блиску. Твердість нікелевих покриттів залежить від складу електроліту й умов його осадження. Твердість матових осадів нікелю коливається від 2,5 до 4,0 ГПа, твердість блискучих осадів – від 4,5 до 5,0 ГПа. Межа міцності 400–

500 МПа, відносне видовження 40%. Нікель є одним з найважливіших магнітних матеріалів з мінімальним коефіцієнтом теплового розширення. Феромагнітні властивості проявляються до температури 358 °С. Питомий електроопір $0,07 \cdot 10^{-6}$ Ом·м. Відбивна здатність 58–62%. Густина нікелю 8,9 г/см³. Температура плавлення 1452 °С. Допустима робоча температура 650 °С [5].

Нікель – хімічний елемент першої тріади VIII групи періодичної системи Менделєєва, його атомний номер 28, атомна маса 58,70 (рис. 1).

У хімічному відношенні він подібний із залізом і кобальтом, а також з міддю й благородними металами. У сполуках проявляє змінну валентність II та III.



Рис. 1. Характеристики елементу нікелю

Недоліком нікелю є здатність поглинати велику кількість газів, що погіршує його механічні властивості. Стандартний потенціал нікелю 0,25 В. У всіх середовищах нікель являється по відношенню до заліза катодним покриттям, тому основна умова для забезпечення захисту заліза від впливу зовнішнього середовища – зменшення пористості нікелевих покриттів. Чим тонший шар нікелю, тим більша пористість. Невидимі оком пори стають зародками корозії, як тільки в них потрапляє волога. Мікроелемент, що утворюється, у якому залізо є розчинним електродом, викликає корозію на поверхні нікелевого покриття [6–9]. Товщина шару нікелю, при якій покриття практично немає пор – 25–30 мкм (рис. 2).

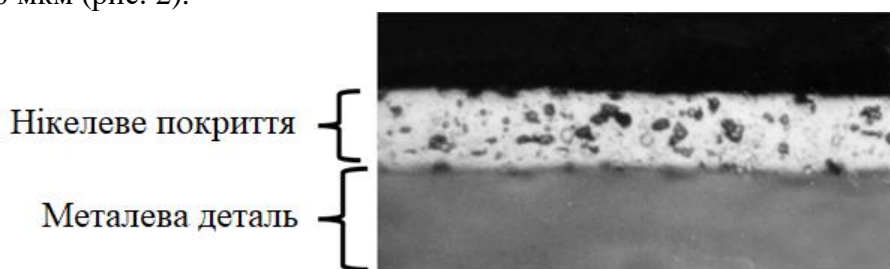
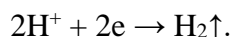


Рис. 2. Мікроструктура звичайного нікелевого покриття на зразку металу (збільшення у 200 разів)

Для зменшення товщини шару нікелю, так як він відноситься до дорогих і дефіцитних металів, його наносять на мідний підшар. При відсутності ціанідних електролітів іноді наносять тонкий шар нікелю, а потім – шар міді. Така комбінація забезпечує більш надійний захист сталі від корозії, ніж покриття із чистого нікелю такої

ж товщини. Пояснюється це тим, що утворення наскрізних пор, що доходять до основного металу, у випадку двошарового покриття менш ймовірно [10, 11].

Електроосадження металів групи заліза (Ni, Fe, Cr) з розчинів простих солей має ряд особливостей в порівнянні з іншими металами. Розряд іонів металу протікає при високій катодній поляризації і низькій перенапрузі водню, що дає деякі труднощі, так як на катоді виділяється разом з металом і водень.



При низьких значеннях рН (нижче 1–2) нікель майже не осідає і на катоді виділяється водень, а при високих значеннях рН осадження нікелю вести не можна, так як починається гідроліз. Продукти гідролізу (оксид та гідроксид нікеля), включаються в покриття, сприяють затримці пухирців водню на поверхні катода, в результаті чого осаджений нікель стає поруватим, шорстким та тьмяним.

При нікелюванні частіше всього використовують електроліти з рН 4,5–5,5, тому що вони мають високу розсіювальну здатність. Осади отримують дрібнозернистими, при цьому аноди краще розчиняються, колоїдні частинки відсутні, і високий вихід за струмом.

Для нікелювання застосовуються сульфатні, хлоридні, сульфаматні, борфторидні, кремнефторидні та інші електроліти. Більш продуктивними являються сульфаматні та сульфатно-хлоридні електроліти (табл. 1), так як розчинність NiSO₄ невелика, то можна осаджувати нікель при невеликих значеннях густини струму ($i_k = 1-2 \text{ А/дм}^2$).

Таблиця 1

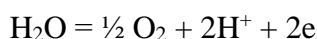
Сульфатно-хлоридний електроліт для нікелевого блискучого покриття

Назва матеріалу	Концентрація, г/дм ³
1. Нікель сульфат (семиводний)	280–320
2. Нікель двохлористий шестиводний або депасивуюча добавка Chemeta Rado-35*	50–55, 60–70
3. Кислота борна	35–40
4. Добавка блискоутворювача Chemeta Rado -57M	3–6
5. Добавка Chemeta Rado -2	2–3
6. Добавка антипітингова Chemeta Rado -11	0,5–1,0

Осадження нікелю з розчинів його солей супроводжується пасивацією анодів. При низьких густинах струму нікелевий анод розчиняється з утворенням іонів нікелю:



Зменшення робочої поверхні анода призводить до різкого підвищення густини струму на аноді і потенціал анода отримує значення, при якому виникає реакція виділення кисню.



Для депасивації анодів вводять солі, які мають у своєму складі іон Cl⁻ (NaCl, NiCl₂). Розржаючись на аноді, іон Cl⁻ утворює хлор, який розчиняє пасиваційну плівку.

Концентрацію іонів Cl^- потрібно підтримувати на заданому рівні, так як надлишок збільшує розчинність анодів. Таким чином, надлишок іона Cl^- так, як і його недостатня кількість, порушує стабільну роботу електроліту. Нормально працюючий анод має сірий колір і шорстку поверхню. При повній пасивації він стає гладким і забарвлюється в жовто-коричневий колір, на краях виділяється кисень.

Для нанесення блискучого нікелевого покриття доцільно обрати таку технологічну схему (рис. 3).



Позначки: 1 – ванна реверсного електрохімічного знежирювання (використовуються сталеві аноди з шаром нікелю. Ванна електрохімічного знежирювання складається із вентиляції, нагріву, футерівки корпусу, теплоізоляції, перемішування); 2 – ванна каскадної промивки; 3 – ванна травлення (процес травлення здійснюють в ванні, де є пластикова або вінілпластова футерівка, бортова вентиляція, барботер); 4 – ванна холодної промивки; 5 – ванна міднення; 6 – ванна каскадної промивки; 7 – ванна нікелювання; 8 – ванна холодної промивки; 9 – ванна гарячої промивки; 10 – сушка.

Рис. 3. Технологічна схема ванн для захисно-декоративного нікелевого покриття

Після здійснення гальванічної обробки всі деталі обов'язково мають пройти контроль якості покриття. При цьому здійснюється контроль зовнішнього вигляду, товщини, поруватості, міцності зчеплення з основним металом, корозійної стійкості покриття.

При перевірці зовнішнього вигляду значну увагу приділяють таким параметрам: колір покриття, чи наявний пітінг, пухирці повітря чи будь-які інші дефекти. Контроль покриття мають проходити усі виготовлені вироби.

Також на всіх виробках здійснюють контроль товщини покриття. При цьому для вимірювання товщини покриття застосовують неруйнівні методи контролю – індукційний магнітний метод.

Висновок. Після застосування описаної технологічної схеми та сульфатно-хлоридного електроліту у результаті отримуємо деталь з якісним блискучим нікелевим покриттям. Таке захисно-декоративне покриття досить широко використовується на деталях різного призначення. Технологія електролітичного нанесення нікелю на деталі вимагає врахування особливостей електроосадження нікелю та застосування певних режимів електролізу для продуктивної роботи з отриманням покриттів із заданими характеристиками.

Список використаної літератури

1. Kotnarowska, D. (2007). Protective coatings, publ. Radom University of Technology, Radom.
2. Dennis, J. K., Such, T. E. (1993). Nickel and Chromium Plating, Woodhead Publishing, Cambridge.
3. Wańkiewicz-Lis A., Oleksiak B., Siwiec G., Wiczorek J., Tomaszewska A. (2018). Decorative metallic coatings applied with galvanic method. *Metalurgija*, 57(3): 165–167.
4. Xu Yang-tao, Dai Yujie, Zhang Wie (2017). Microstructure and texture evolution of electrodeposited coatings of nickel in the industrial electrolyte. *Surface and Coating Technology*, P. 170–177.
5. Якименко Г. Я. Технічна електрохімія: Підручник. За ред. д-ра техн. наук, проф. Б. І. Байрачного. Харків: НТУ «ХП», 2005. Ч. 3: Гальванічні виробництва. 312 с.

6. Patent 08920877A2 German, Electroplating of low-stress nickel. Martyak N. № 19980304642; Priority date 18.06.1997; Application 20.01.1999. Pages 7.
7. Patent US3502550A USA, Nickel electroplating electrolyte. Passal Frank, M and T Chemicals Inc. № 506005; Priority date 01.11.1965; Application 24.03.1970. Pages 4.
8. Patent US3399123A USA, Electrolytes and method for electroplating nickel. Passal Frank, M and T Chemicals Inc. № 466086; Priority date 22.06.1965; Application 27.08.1968. Pages 7.
9. Patent US3887444A USA, Electrolyte for use in the galvanic deposition of bright leveling nickel coatings. Kappel Mario. № 355062; Priority date 26.03.1964; Application 14.09.1965. Pages 3.
10. Godona, A., Creusa, J., Feaugasa, X., Confortob, E., Pichonc, L., Armandd, C. (2011). Characterization of electrodeposited nickel coating from sulfamate electrolyte without additive. *Materials Characterization*, 2: 164–173.
11. O'Keefe, T. J., Holm, M. (2000). Electrolyte parameter effect in the electrowinning of nickel from sulfate electrolytes. *Minerals Engineering*, 2: 193–204.